

## EL ENDOSPERMA CENTRAL LÍPIDO EN LA SISTEMÁTICA DE GRAMINEAS <sup>1</sup>

B. ROSENGURTT <sup>2</sup>, A. LAGUARDIA <sup>3</sup>  
et B. R. ARRILLAGA DE MAFFEI <sup>4</sup>

**RÉSUMÉ :** L'existence des lipides dans l'endosperme central des cariopses des Graminées est mise en évidence sur des coupes microscopiques à l'aide des solutions de Sudan III, IV et Sudan Black B : 7233 spécimens ont été étudiés appartenant à 481 espèces dont 337 de la Sous-famille *Pooideae*.

Les espèces étudiées dans les autres Sous-familles : 21 *Arundinoideae*, 5 *Bambusoideae*, 52 *Eragrostoideae*, 6 *Oryzoideae*, 60 *Panicoideae*, n'ont pas montré de réaction colorée, donc n'ont pas de lipides.

Parmi les 337 espèces de *Pooideae*, 182 possèdent *endosperme central lipide* (54 %), les tribus *Stipeae* et *Triticeae* semblent en être dépourvues.

L'empoisonnage des herbiers au Cl<sub>2</sub>Hg ou par d'autres substances ne modifie pas la réaction.

Cherchant des caractères morphologiques en rapport avec l'existence de lipides, la forme du hile ovale ou punctiforme se révèle constante dans 75 % des espèces.

Les résultats sont indiqués en détails dans 4 tableaux.

Cette expérience ne portant pas sur la totalité des espèces, on peut déjà prévoir que l'on obtiendra des pourcentages plus élevés lorsqu'on poursuivra les recherches.

Parmi les observations d'intérêt taxonomique retenons que certains genres (*Bromus*, *Melica*, etc.) n'ont pas de lipides tandis que d'autres *Poeae* (*Poa*, *Briza* et affines) en possèdent. Aussi, alors que *Festuca s. str.* donne une réaction négative, les espèces de *Vulpia* produisent une réaction faiblement colorée. En revanche, parmi les *Cynosurus* deux espèces ont des lipides et une n'en a pas; dans *Sclerochloa dura* un spécimen a réagi positivement et un autre négativement.

**SUMMARY :** The presence of lipids in the central endosperm of *Gramineae* was studied on microscope slides of caryopsis stained with Sudan III, Sudan IV, and Sudan Black B. The lipid central endosperm (ECL) was found in 54 % of the 337 species examined in the *Pooideae*, in all examined *Agrostideae* (61 sp.), *Aveneae* (47 sp.), *Milieae* (1 sp.), *Monermeae* (2 sp.) and *Phalarideae* (12 sp.).

1. Presentado en la reunión de la Sociedad Argentina de Botánica en Montevideo, el 10 octubre 1970.

2. Profesor de Botánica, Facultad de Agronomía de Montevideo.

3. Asistente de Botánica, Facultad de Agronomía, Montevideo.

4. Profesora Adjunta de Botánica, Facultad de Agronomía y Facultad de Química, Montevideo.

No lipids were found in the central endosperm of all *Stipeae* (56 sp.) and *Triticeae* (33 sp.). In *Poeae* the lipid central endosperm was found in 48 % of in the 125 sp. examined; the reaction was qualitative in almost all genera except *Cynosurus* where 2 species have lipid central endosperm and another did not stain. In *Sclerochloa dura* a sample stained intensely and the other gave an uncertain reaction.

No lipids were found in the central endosperm of *Arundoideae* (21 sp.), *Bambusoideae* (5 sp.), *Eragrostoideae* (52 sp.), *Oryzoideae* (6 sp.) and *Panicoidae* (60 sp.).

In *Pooideae* we sought for morphological characters correlated with the lipid central endosperm and found that in 182 species with lipid central endosperm 75 % have oval or punctiform hilum and that in 62 species of liquid endosperm all have lipid central endosperm and 87 % have these forms of the hilum.

We deduce that these percentages can increase if we examine all species of those genera where lipids have been found.

## INTRODUCCION

Es conocido que la avena tiene mayor contenido de lípidos en su endosperma que otros cereales (cuadro I).

MATLAKOVNA (1912) atribuye el carácter « endosperma blando (weich) » al contenido lípido y presenta una lista de especies, pero no precisa en cuales determinó lípidos, ni dice haberlos buscado en las de endosperma « duro ».

HABERLANDT (1914 : 418), señala granos con contenido graso en *Phragmites communis*, *Koeleria cristata*, etc., sin más precisiones.

DEL PUERTO et al. (1966 : 4) señalaron 17,2 % de lípidos en cariopses de *Briza fusca* (actualmente *B. lindmanii*), donde el embrión y la capa de aleurona tienen un volumen pequeño en relación al endosperma central, que nos reveló tinción lípida con los colorantes Sudan-III y Sudan Black-B.

El alto porcentaje de aceites o lípidos conocidos en maíz y el obtenido en diferentes *Andropogoneae*, *Panicaceae* y *Chlorideae* por Jones & Earle (1966 : 131-132), se explica porque el embrión en esos grupos de gramíneas es de gran tamaño en relación con el endosperma.

Otros autores señalaron endosperma o cariopse « blando », « carnoso », « pastoso », « semilíquido » o « líquido » en diferentes especies sin relacionarlo a la presencia de lípidos en el endosperma central : HUBBARD (1937 : 94, 103), USDA Agr. Handb. 30 (1952 : 202), BROWN (1955), DORE (1956), JACQUES-FÉLIX (1962 : 186, 188), BURKART (1969 : 81-122), CABRERA (1970 : 219, 221), NICORA in CABRERA (1970 : 207, 210, 211), ROSENGURTT, ARRILLAGA et IZAGUIRRE (1970 : 19, 23, 26, 31, 47, 90).

Buscamos además, otros caracteres del cariopse que se relacionaran con el contenido lípido del endosperma central, habiendo encontrado hasta ahora la forma del hilo en *Pooideae*.

## MÉTODO Y MATERIALES

*Endosperma central* se denomina a la región envuelta por la capa de aleurona excepto en la cara que enfrenta al *scutellum* o escudete; así usaron este nombre MC LEOD, JOHNSTON et DUFFUS (1964). Por lo general se

CUADRO I. CONTENIDO DE LÍPIDOS EN %  
 APROXIMADAMENTE PROMEDIOS

ESPECIES	CARIOPSE	EMBRIÓN	ENDOSPERMA	REFERENCIAS
<i>Avena sativa</i> .....	7,7	11,2 <sup>3</sup>	6,2-6,7	Winton : 60; Webster & Graham : 565
<i>Oryza sativa</i> .....	2	10-20	0,5 <sup>2</sup>	Winton : 60, 136-141
<i>Triticum aestivum</i> ..	2,3	12-13	0,8-1,5 <sup>1</sup>	Winton : 60, 205-214
<i>Zea mays</i> .....	5,6-8,8	24-41	0,5-1,15	Winton : 60, 79

1. Harina « superior »; 2. Grano pulido; 3. Embrión separado a mano.

denomina « endosperma almidonoso » calificando químicamente a esta región anatómica del cariopse. Consideramos más apropiado el nombre regional, « central », que elude referencia a sustancias, estructuras u otros atributos.

Se examinaron 481 especies con más de 1 000 muestras de diversos orígenes, en su mayoría frescas o de hasta 1 año de antigüedad, en menor parte cariopses de mayor antigüedad y de herbario. Las muestras que no pudieron clasificarse o cuyo nombre específico no pudo asegurarse, no fueron usadas. En algunas especies agrupamos bajo un solo nombre las muestras donde faltan hojas, cañas u otros órganos que diferencian a taxa afines. Los géneros se ordenaron por el sistema de PARODI (1958, 1961), pero separamos *Milieae* de *Stipeae* de acuerdo con HUBBARD (1954, 1968); DE WINTER (1965 : 207) reúne *Millum* con *Agrostideae*, lo que no interfiere con nuestras conclusiones.

Se examinaron cortes de cariopse hechos a mano o con micrótopo de congelación, sin fijar o fijados en formol 10 % o formol-calcio de BAKER, con Sudan-III, Sudan-IV y Sudan-Black-B. Nuestra observación se refiere a lípidos teñidos histoquímicamente y de manera perceptible (100 × a 500 ×); cuando no se tiñe el endosperma central con los colorantes citados, se considera que no hay revelación de lípidos.

Calificamos *liquido* (lat. *liquatus, fluens*), cuando al cortar el endosperma fluye el contenido al exterior a la manera de los líquidos viscosos; observado a débil aumento presenta forma de gota redondeada con la superficie brillante y lisa, que movida con pinza o aguja tiene elasticidad, coherencia y fluidez con un aspecto que recuerda al aceite.

Calificamos *seco* (lat. *stecus*), cuando al cortar y romper el endosperma con bisturí, pinza o aguja, se separan fragmentos duros o blandos, grandes o pequeños, de aspecto anguloso o pulverulento, incoherentes o más o menos adheridos.

En especies de carácter líquido se encuentran especímenes de cariopse

seco, donde puede suponerse que hubo cambio de carácter; en los cuadros II, III y IV no se separan tales especies.

En las formas del hilo usamos la expresión 1/2, 2/3, etc., para indicar la relación de la longitud del hilo en proporción a la longitud del cariopse.

La abreviatura *ECL* significa endosperma central líquido (seco o líquido).

## RESULTADOS

Los exámenes realizados se resumen en los cuadros II, III y IV; agregamos algunas observaciones.

2° En todas las especies donde se examinaron embrión y capa de aleurona, ambas regiones dieron tinción lipídica.

1° En todos los endospermas líquidos se verificó la tinción lipídica.

3° En todos los endospermas examinados con el reactivo Lugol se observó almidón.

4° Dentro de cada especie se encuentran por lo general diferencias de tinción poco perceptibles entre muestras de diferentes edades y orígenes, tanto en endosperma central como en capa de aleurona y embrión. Hubo excepción en *Sclerochloa dura* lo que se explica en la Discusión. No se encontraron grandes diferencias entre materiales frescos y los de herbarios tratados por solución alcohólica de  $HgCl_2$  al 3 % durante aprox. 15 minutos.

5° En varias especies de endosperma líquido se observaron cariopses secos en proporción variable sobre muestras de más de 5-10 años de edad, a veces sobre la misma panoja y sobre cariopses de igual apariencia de madurez; puede suponerse que la sustancia líquida se modificó o se difundió hacia el exterior del cariopse. En bolsitas de papel que contenían cariopses desnudos de *Koeleria gracilis* y otras especies observamos la presencia de manchas grasas cuando habían granos quebrados o arrugados, como si el líquido graso hubiese venido del cariopse. En consecuencia calificamos la muestra como « líquida » cuando todos o parte de los cariopses tienen ese carácter.

6° En los cariopses secos de especies o muestras donde hay líquidos, se observó siempre tinción lipídica en el endosperma central.

CUADRO II. GÉNEROS CON ENDOSPERMA CENTRAL LÍPIDO (ECL)

	NÚMERO DE ESPECIES ESTIMADO <sup>1</sup>	ESPECIES EXAMI- NADAS	ESPECIES CON ECL.	ESPECIES ENDOSP. LÍQUIDO	FORMA DEL HILO
<i>Agropogon</i> .....	1	1	1	1	punct.
<i>Agrostis</i> .....	200	17	17	5	punct.
<i>Aira</i> .....	20	3	3	—	punct.
<i>Alopecurus</i> .....	40	8	8	2	punct.
<i>Ammochloa</i> .....	3	1	1	—	punct.
<i>Ammophila</i> .....	3	1	1	—	lineal 2/3-1
<i>Anthoxanthum</i> .....	20	2	2	—	punct.
<i>Amphibromus</i> .....	4	2	2	—	lineal 1/3-1/2
<i>Aminoria</i> .....	1	1	1	—	punct.
<i>Apera</i> .....	3	2	2	2	punct.
<i>Arrhenatherum</i> .....	50	1	1	—	lineal
<i>Avellinia</i> .....	1	1	1	1	lineal 2/3
<i>Avena</i> .....	35	11	11	—	lineal 1
<i>Beckmannia</i> .....	2	2	2	2	punct.
<i>Briza</i> .....	30	20	20	3	punct.-lin. 1/2
<i>Calamagrostis</i> .....	200	15	15	9	oval 1/3-punct.
<i>Catopodium</i> .....	4	2	2	—	punct.
<i>Chaeturus</i> .....	1	1	1	—	punct.
<i>Cinna</i> .....	4	2	2	2	punct.
<i>Cornucopiae</i> .....	1 ?	1	1	—	oval 1/5
<i>Corynephorus</i> .....	4	1	1	1	punct.
<i>Cynosurus</i> .....	8	3	2	—	oval 1/6-lin. 1/2
<i>Dactylis</i> .....	6 ?	1	1	1	punct.
<i>Deschampsia</i> .....	50	2	2	—	oval
<i>Desmazeria</i> .....	3	1	1	—	punct.
<i>Dichelachne</i> .....	1	1	1	1	oval
<i>Erianthectum</i> .....	1	1	1	—	punct.
<i>Gastridium</i> .....	1	1	1	—	punct.
<i>Gaudinia</i> .....	1	1	1	1	oval
<i>Hefictotrichon</i> .....	20	6	6	6	lineal
<i>Hierochloa</i> .....	20	1	1	—	oval
<i>Holcus</i> .....	10	1	1	1	punct.
<i>Koeleria</i> .....	60	7	7	7	oval
<i>Lagurus</i> .....	1	1	1	1	punct.
<i>Lamarekia</i> .....	1	1	1	—	oval
<i>Mibora</i> .....	1	1	1	1	punct.
<i>Milium</i> .....	6	1	1	—	oval
<i>Monerma</i> .....	1	1	1	—	oval
<i>Nardurus</i> .....	2	2	2	—	lineal
<i>Parapholis</i> .....	4	1	1	1	lineal
<i>Peribollia</i> .....	2	1	1	1	oval
<i>Phalaris</i> .....	12	9	9	—	lineal
<i>Phleum</i> .....	12	4	4	—	punct.
<i>Poa</i> .....	300	17	17	—	punct.
<i>Polypogon</i> .....	15	5	5	4	punct.
<i>Psilurus</i> .....	1	1	1	—	lineal
<i>Sclerochloa</i> .....	1	1	1	—	punct.
<i>Sphenopus</i> .....	2	1	1	—	oval
<i>Trisetum</i> .....	70	8	8	8	oval
<i>Ventenata</i> .....	1	1	1	1	punct.
<i>Vulpia</i> .....	25	6	6	—	lineal

1. Según ENGLER, Syll. Pflanz. 1964 y publicaciones posteriores.

CUADRO III. CARACTERES DE ENDOSPERMA  
E HILO EN TRIBUS DE POOIDEAE

TRIBUS	NÚMERO DE ESPECIES ESTIMADO	ESPECIES EXAMINADAS	ESPECIES CON ECL.	ESPECIES CON END. LIQUIDO	FORMA DEL HILO
<i>Agrostideae</i> .....	450	61	61	28	punct. vario
<i>Aveneae</i> .....	250	47	47	27	punct.
<i>Milieae</i> .....	8	1	1	—	punct.
<i>Monermeae</i> .....	10	2	2	1	punct.
<i>Phalarideae</i> .....	50	12	12	—	vario
<i>Poeae</i> .....	1 100	125	59	6	vario
<i>Stipeae</i> .....	320	56	—	—	lineal
<i>Triticeae</i> .....	250	33	—	—	lineal

CUADRO IV. CARACTERES DEL ENDOSPERMA  
EN LAS SUBFAMILIAS

SUBFAMILIAS	NÚMERO ESPECIES ESTIMADO	ESPECIES EXAMINADAS	ESPECIES CON ECL.	ESPECIES CON END. LIQUIDO
<i>Arundinoideae</i> .....	200	21	—	—
<i>Bambusoideae</i> .....	600	5	—	—
<i>Eragrostoideae</i> .....	1 370	52	—	—
<i>Oryzoideae</i> .....	65	6	—	—
<i>Panicoideae</i> .....	2 560	60	—	—
<i>Pooideae</i> .....	2 438	337	182	62
Totales .....	7 233	481	182	62

## DISCUSION

Hay algunas discrepancias entre los datos conocidos y nuestras observaciones sobre el endosperma central líquido. También hay algunas discrepancias entre la distribución taxonómica de ese endosperma y la forma del hilo en *Aveneae*, *Phalarideae* y *Poeae* (cuadro III).

1° Nuestras observaciones en *Oryza*, *Triticum* y *Zea* (cuadros II, III y IV) discrepan con los datos de cuadro I donde se refieren lípidos en el endosperma. Es de presumir que los análisis químicos convencionales de harinas y cereales sobre materias procesadas mecánicamente con fin industrial, no separen de manera completa las sustancias del endosperma central de las que vienen de otras regiones del cariopse (capa de aleurona,

embrión, pericarpio). O sea, que debe suponerse que las cifras de la columna « endosperma » señalan lípidos de las otras regiones del grano.

2° En *Vulpia* y otros géneros hubo diferente respuesta con los tres reactivos empleados. Esto se explica por la diferente reacción de cada colorante frente a los distintos lípidos.

3° HABERLANDT (p. 418), señaló grasas en el grano de *Phragmites communis* (sin más precisiones, como se explicó en la introducción), pero en los 3 especímenes que examinamos no hubo tinción lipídica en el endosperma central.

4° JONES & EARLE (p. 131) indican 12,1 % de lípidos en una muestra de *Agropyron repens*, pero nuestras observaciones sobre 2 muestras dan reacción negativa en el endosperma central; en esta especie de embrión pequeño consideramos dudoso ese 12 %.

5° Encontramos excepciones en la tinción lipídica :

a) Intraespecífica en *Sclerochloa dura*, donde una muestra procedente de Rumania dió reacción positiva intensa y otra, de Francia, dió reacción dudosa.

b) Infragenérica en *Cynosurus*, donde sobre 7 muestras de dos especies dieron reacción positiva y una tercera especie sobre una muestra dió negativa.

En el género *Vulpia*, que numerosos autores consideran subgénero de *Festuca*, las 11 muestras de 6 especies dieron todas reacción positiva débil, mientras que todas las muestras de *Festuca* sensu stricto dieron reacciones negativas.

6° La falta de tinción lipídica en endosperma de cariopse maduro y seco con los reactivos empleados se interpreta como ausencia de lípidos de reserva acumulados, revelables a nivel histoquímico con las técnicas empleadas.

## CONCLUSIONES

— 1. En Subfamilias, se encontró endosperma central lipídico sólo en *Pooideae*.

— 2. Dentro de *Pooideae* se encontró endosperma central lipídico en todas las muestras examinadas de *Agrostideae*, *Aveneae*, *Milieae*, *Monermeae* y *Phalarideae*. No se encontró en ninguna muestra de *Stipeae* ni de *Triticeae*. En *Poeae* se encontró en *Poa*, *Briza* y géneros afines (cuadro II); falta en *Bromus*, *Melica*, *Festuca*, *Sesleria*, etc. Se encontró tinción débil en *Vulpia*. De las 3 especies examinadas de *Cynosurus*, dos tienen endosperma central lipídico y una no. En *Sclerochloa dura* una muestra dió tinción intensa y otra dió dudosa.

— 3. El endosperma central lipídico es un carácter constante en muestras de muy diversas edades y procedencias dentro de cada especie. No parece

ser afectado por los tratamientos que sufren las muestras de herbario de diferentes museos.

— 4. El caracter líquido se desvanece con los años en numerosos casos, pero permanece la tinción lipida.

— 5. El 75 % de las 182 especies observadas con endosperma central líquido tienen hilo oval o punctiforme.

— 6. El 87 % de las 62 especies observadas con endosperma líquido tienen hilo oval o punctiforme.

— 7. Se deduce que aproximadamente la mitad de las especies de *Pooideae* tienen endosperma central líquido.

— 8. De los cuadros II y III se deduce que los porcentajes señalados en las conclusiones 5 y 6, pueden aumentar hasta 80 ó 90 % si se examinaran todas las especies de los géneros donde se encontraron esas correlaciones de caracteres.

RECONOCIMIENTO. Numerosas instituciones y jardines botánicos nos enviaron especímenes de herbario y muestras de cariopses. A todas debemos nuestro reconocimiento.

#### BIBLIOGRAFIA

- BROWN, W. V. — A species of grass with liquid endosperm. *Bull. Torrey Bot. Club* **82** : 284-285 (1955).
- BURKART, A. — Flora Ilustrada de Entre Ríos (Argentina). Parte II, Gramineas. INTA. Buenos Aires (1969).
- CABRERA, A. L. — Flora de la Provincia de Buenos Aires. Parte II, Gramineas. INTA. Buenos Aires (1970).
- DEL PUERTO, O., BRESCIA, R., BORSANI, O. et MARCHESI, E. — Contenido de proteínas y aceites en semillas y frutos de plantas nativas. Publ. Misc. Fac. Agronomía Montevideo, nº 5 (1966).
- DORE, W. G. — Some grass genera with liquid endosperm. *Bull. Torrey Bot. Club* **83** : 335-337 (1956).
- HABERLANDT, G. — *Physiological Plant Anatomy* (Translation from the 4th. german ed.). Today & Tomorrow's Book Agency. New Delhi-5 (1914, reprint 1965).
- HUBBARD, C. E. — In *Hill's Flora of Tropical Africa* **10** (1) : 1-192; L. Reeve & Co., England (1937).
- *Grasses*. Penguin Books, England (1954; ed. 2, 1968).
- JACQUES-FÉLIX, H. — *Les Graminées (Poaceae) d'Afrique Tropicale*, I. Inst. Rech. Agron. Tropic. Cult. Vivr. Paris (1962).
- JONES, Q. et EARLE F. R. — Chemical analyses of seeds II : Oil and protein content of 759 species. *Economic Bot.* **20** (2) : 127-155 (1966).
- MAC LEOD, A. M., JOHNSTON, C. S. & DUFFUS, J. H. — Ultra-structure of caryopses of the *Gramineae*, I. Aleurone and central endosperm of *Bromus* and barley. *J. Inst. Brewing* **70** (4) : 303-307 (1964).
- MATLAKOVNA, M. — Ueber Gramineenfruchte mit weichem Feltendosperm. *Acad. Sc. Cracovic (Krakow), série B* : Sc. Nat. : 405-416 (1912).
- NICORA, E. — In CABRERA, *vidi supra* (1970).
- PARODI, L. R. — *Gramineas Bonaerenses* (ed. 5). Acme Agency, Buenos Aires (1958).
- La taxonomía de las gramíneas argentinas a la luz de las investigaciones más recientes. *Rec. Adv. in Bot.* **1** : 125-129. Toronto Press (1961).



- ROSENGURTT, B., ARRILLAGA DE M., B. R., & IZAGUIRRE DE A., P. — Gramíneas uruguayas. Universidad de la República. Montevideo (1970).
- USDA. Agr. Handbook 30, 1952. Manual for testing agricultural and vegetable seeds. U.S. Dept. of Agriculture, Washington DC (1952).
- WEBSTER & GRAHAM, in COFFMAN. — Oats and oat improvement. Agron. Monogr. 8 (American Society of Agronomy), (1961).
- WINTER, B. DE. — The S. African *Stipeae* and *Aristideae* (*Gramineae*) (An Anatomical, Cytological and Taxonomic Study). *Bothalia* 8 (3) : 199-404 (1965).
- WINTON, A. L. & WINTON, K. B. — The structure and composition of foods, 1, J. Wiley & Sons, New York (1932).